

Глава 5. ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОДЕЗИЧНОЇ ТА КАРТОГРАФІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ ПЕРЕВІРКАХ І ПІДГОТОВЦІ ПНК ДО ПОЛЬОТУ

5.1. Цілі та зміст навігаційної підготовки до польоту

Неодмінною умовою забезпечення високої ефективності розв'язання поставлених задач у польоті є висока якість навігаційної підготовки до польоту. Метою безпосередньої навігаційної підготовки до польоту є розробка програми польоту та програми роботи ПНК, яка забезпечує виконання польоту за заданою траєкторією в автоматичному, напівавтоматичному або ручному режимі за даними окремих датчиків ПНІ, а також підготовка всіх даних, що забезпечують виконання програми польоту.

Обсяг і зміст навігаційної підготовки залежать від типу ЛА, характеру польотного завдання, типу та можливостей ПНК, навігаційної обстановки та деяких інших чинників. Обсяг і зміст навігаційної підготовки регламентуються керівними документами, а саме інструкцією екіпажу ЛА, керівництвом з польотної експлуатації та ін.

Навігаційна підготовка до польоту передбачає розв'язання таких головних задач:

- вибір і побудова маршруту польоту;
- завдання та перенесення на польотну карту ортодромічної системи координат;
- визначення координат опорних точок маршруту, радіомаяків РСБН і РСДН;
- визначення кутових поправок, за допомогою яких забезпечується перехід від однієї системи вимірювання кутових параметрів (курсу, шляхового кута, азимуту) до іншої системи вимірювання, заснованої на азимутальних поправках (магнітне схилення, кут сходження меридіанів та інші);
- визначення рубежів початку та закінчення набору висоти, розгону та гальмування та ін.;
- підготовка карт і мікрофільмів для автоматичних планшетів і проекційних індикаторів;
- підготовка вихідних даних, що визначають навігаційні умови польоту;
- розробку програми польоту та її введення в БЦОМ ПНК;

- розробку штурманського плану польоту;
- перевірку правильності введення програми та працездатності ПНК;
- здійснення виставки інерціальних і курсових навігаційних систем.

Крім того в процесі навігаційної підготовки необхідно визначити оптимальні режими польоту, обрати форму та параметри передпосадкових маневрів для запрограмованих аеродромів посадки.

При проведенні навігаційної підготовки до польоту необхідно враховувати той факт, що ефективність виконання польотного завдання багато в чому залежить від якості навігаційної передпольотної підготовки, яка залежно від типу ЛА потребує до 2...6 годин. У зв'язку з цим навігаційна передпольотна підготовка повинна проводитися паралельно з технічною підготовкою ЛА до польоту, з одночасним скороченням часу на її проведення. Цю роботу необхідно проводити як шляхом впровадження нових технічних рішень, так і організаційних заходів.

Суттєве скорочення термінів навігаційної підготовки до польоту забезпечується за рахунок введення даних у ПНК, які формують програму польоту, у скороченому обсязі. Використовується також прискорена виставка інерціальних і курсових систем. При цьому необхідно мати на увазі, що зменшення часу підготовки за рахунок цих заходів призводить до зменшення точності навігації, й, як наслідок, до зменшення ймовірності реалізації просторово-часової програми польоту. А це, у свою чергу, пов'язано зі зниженням ефективності виконання польотного завдання.

Іншим, більш ефективним, способом скорочення термінів навігаційної підготовки до польоту є автоматизація процесу підготовки на основі застосування ЦОМ. Застосування ЦОМ забезпечує не тільки скорочення часу підготовки, але й надає можливість одночасної підготовки декількох ЛА для виконання схожих польотних завдань.

Природно, що час навігаційної підготовки до польоту за одним маршрутом буде на багато меншим. У цьому випадку значно скорочується кількість задач, що розв'язуються у процесі проведення навігаційної підготовки, а, також, зменшуються терміни її виконання.

5.2. Навігаційна програма польоту

Маршрут і профіль польоту вибирається, виходячи з польотного завдання. При цьому враховується характер польотного завдання, навігаційна обстановка в майбутньому польоті, а також можливості та характеристики навігаційного комплексу ЛА.

Головними характеристиками ПНК, які повинні враховуватися при виборі маршруту польоту, є:

- можлива кількість програмованих опорних точок маршруту (точок злому маршруту, ППМ), орієнтирів корекції, наземних станцій радіонавігаційних систем;
- можливості зміни програми в польоті;
- мінімально та максимально допустима довжина програмованих навігаційних етапів;
- допустимі кути між суміжними навігаційними етапами маршруту або допустимі значення лінійних упереджень розвороту (ЛУР);
- навігаційні системи координат, що застосовуються при виборі маршруту, та їх просторові обмеження;
- програма роботи елементів навігаційного комплексу в польоті.

При визначенні профілю польоту враховують:

- характер польотного завдання;
- можливості ЛА з дальності польоту, зі зміни дальності залежно від висоти польоту;
- можливості ЛА з максимальної висоти польоту, вертикальної швидкості набору висоти та зниження;
- характер рельєфу місцевості за маршрутом та наявність штучних споруд;
- обмеження з мінімально допустимої (безпечної) висоти польоту;
- метеорологічні умови та деякі інші фактори.

З метою знаходження оптимальних варіантів маршрутів і профілів польоту за певними критеріями найкращого виконання польотного завдання відповідно до умов навігаційної обстановки, характеристик ЛА та можливостей ПНК можуть розроблятися спеціальні програми для наземних ЦОМ.

У процесі навігаційної підготовки на польотну карту наноситься маршрут, необхідний для контролю правильності виконання автоматизованого польоту та для його реалізації в неавтоматизованому режимі в аварійних ситуаціях. Обраний профіль польоту враховується при визначенні рубежів початку (закінчення) набору висоти та зниження, а також при розробці штурманського плану польоту.

Побудова маршруту польоту містить у собі:

- вибір і позначення його опорних точок – ВПМ, ППМ, контрольних орієнтирів, КПМ та ін.;
- розрахунок і побудова на карті рубежів, які визначають зміну режиму польоту в горизонтальній та вертикальній площинах;
- прокладку ЛЗШ на карті;
- розмітку ЛЗШ.

За ВПМ доцільно вибирати центр ЗПС аеродрому зльоту, тому що саме в цій точці ЛА набирає швидкість, при якій починається розв'язання задачі обчислення шляху в ПНК і, крім того, зникає необхідність у перепрограмуванні координат ВПМ при зміні напрямку зльоту.

Точки злому маршруту, що визначають довжину навігаційних етапів, вибираються з урахуванням характеру виконуваних завдань та типу ЛА, а також кількості запрограмованих ППМ в ПНК. Для забезпечення переорієнтування при зміні обстановки та виходу на пункти, що не передбачені програмою, на маршруті намічаються оперативні пункти маршруту (ОПМ).

При прокладанні маршруту польоту на польотній карті необхідно враховувати, що при здійсненні навігації в автоматизованому режимі він необхідний для контролю за правильністю роботи ПНК, а користуватися їм будуть тільки при неавтоматизованому управлінні ЛА при відмові головних елементів ПНК. Тому немає необхідності прокладати його з більш високою точністю, ніж та точність, що реалізується при управлінні ЛА в неавтоматизованому режимі.

Для контролю правильності роботи ПНК на маршруті вибираються контрольні орієнтири, за якими контроль шляху ведеться візуально, а також за допомогою радіотехнічних, радіолокаційних або оптико-електронних засобів.

При прокладанні маршруту польоту побудова ортодромічних етапів маршруту на польотній карті може здійснюватися графічним або аналітичним способами.

Графічний спосіб виконується заміною ортодромії на карті прямою лінією, яка прокладається за допомогою лінійки. Якщо прийняти 1 мм за допустиме відхилення ортодромії від прямої лінії на карті, то розрахунковим шляхом можна отримати, що така заміна на карті масштабу 1 : 2 000 000 можлива на відстанях від 700 до 1000 км.

Сутність аналітичного способу містить у себе наступні етапи. Розраховуються геодезичні координати точок, що належать ортодромії. За обчисленими координатами ці точки зображують на польотній карті. Через дві сусідні точки проводяться прямі лінії. Відстані між точками ортодромії, координати яких розраховуються, не повинні перевищувати відстаней, що допустимі при заміні ортодромії прямою на відповідній карті.

Якщо відомі координати вихідної та кінцевої точок ортодромічного етапу, то координати проміжних точок розраховуються аналітично за певними формулами. При цьому практичний інтерес являє собою розгляд двох окремих випадків, а саме, коли напрям ортодромії близький до напрямку паралелей, і коли ортодромічний етап за напрямком близький до напрямку меридіанів.

У першому випадку для визначення географічної широти проміжної точки користуються формулою:

$$\varphi = \arctg \left[\frac{\operatorname{tg} \varphi_2}{\sin(\lambda_2 - \lambda_1)} \sin(\lambda - \lambda_1) + \frac{\operatorname{tg} \varphi_1 \sin(\lambda - \lambda_1)}{\sin(\lambda_2 - \lambda_1)} \right], \quad (5.1)$$

де φ і λ – розшукувані нормальні сферичні координати проміжної точки ортодромії; $\varphi_1, \lambda_1, \varphi_2, \lambda_2$ – нормальні сферичні координати відповідно вихідної та кінцевої точок ортодромічного етапу.

Обираючи нормальну сферичну довготу проміжної точки λ_i , за формулою (5.1) одержують її нормальну сферичну широту φ_i . У випадку, коли ортодромічний етап за напрямком близький до напрямку меридіанів, спочатку визначається довгота точки перетинання даної ортодромії з екватором λ_0 , яка може бути розрахована за формулою

$$\lambda_0 = \arctg \frac{\operatorname{tg} \varphi_2 \sin \lambda_1 - \operatorname{tg} \varphi_1 \sin \lambda_2}{\operatorname{tg} \varphi_2 \cos \lambda_1 - \operatorname{tg} \varphi_1 \cos \lambda_2}.$$

Позначення тут такі самі, що й у (5.1). Потім, задаючись широтою φ проміжної точки, розраховують її довготу

$$\sin(\lambda - \lambda_0) = \sin(\lambda_1 - \lambda_0) \operatorname{tg} \varphi \operatorname{ctg} \varphi_1.$$

Нормальні сферичні координати проміжних точок ортодромії φ_i, λ_i переводяться в геодезичні B_i, L_i за формулами:

$$B = \varphi + 8'39'' \sin 2\varphi$$

$$L = \lambda$$

Перевагою аналітичного способу є те, що його можна використовувати при прокладанні маршруту на картах будь-яких масштабів і проєкцій, при різній довжині ортодромічного етапу маршруту. Він може забезпечувати також більш високу точність побудови маршруту. Однак прокладка ортодромії в такий спосіб потребує значних витрат часу. Це недолік аналітичного способу.

Після прокладки маршруту необхідно вибрати спосіб корекцій обчислених координат місцезнаходження ЛА та визначити кількість корекцій, що забезпечують на кожному етапі польоту необхідну точність навігації. Орієнтири для корекції повинні бути помітними в польоті та мати невеличкі розміри або характерні точки для накладення на них перехрестя або марки в поле зору датчика-коректора. Як правило, на кожному етапі польоту виконуються 1...2 корекції. Варто передбачити запасні орієнтири і дублюючі способи корекції.

Якщо задана точність навігації досягається тільки при зменшенні довжини етапу, то останній необхідно розділити на декілька частин, за допомогою ППМ. Вони обов'язково повинні знаходитися на ЛЗШ і, якщо це можливо, бути радіолокаційними орієнтирами. Якщо конструкцією ПНК на етапі польоту передбачена тільки одна корекція обчислених координат ЛА, то допустима довжина етапу може бути розрахована, виходячи з припущення про те, що похибка обчислення шляху не повинна перевершувати заданого значення (наприклад, ЛА не повинний вийти за межі заданого коридору).

Відповідно до навігаційної обстановки на ЛЗШ намічаються точки початку та закінчення маневрів. Визначаються координати

цих точок у тій системі координат, в якій здійснюється складання програми польоту в ПНК.

Для контролю шляху за дальністю на ЛЗШ від ВПМ до кінцевої точки та від вихідного пункту оберненого маршруту до КПМ робиться розмітка шляху через певні відстані (наприклад, через 50...100км) або через певні інтервали часу (через 2...5 хв). Маркування (цифрування) позначок може проводитися за відстанню, що пройдена або залишилася.

Прямолінійні (ортодромічні) етапи маршруту польоту характеризуються шляховими кутами. Вони визначаються напрямком, від якого в польоті буде вимірюватися курс ЛА головним курсовим пристроєм ПНК (ТКС, ІКВ, ІНС). Порядок запису шляхових кутів на карті визначається інструкцією екіпажу ЛА. Знання заданих шляхових кутів (ЗШК) необхідно для контролю програми польоту в автоматичному режимі і для здійснення польоту в неавтоматичному режимі, тому результат їх визначення можна округляти до цілих градусів.

5.3. Підготовка та введення навігаційної інформації в ПНК

Маршрут і профіль польоту, які вибрані в процесі передпольотної підготовки реалізуються програмою польоту. При побудові програми польоту враховуються особливості конструкції ПНК і його програмного пристрою, обсяг даних які потребують вводу, форма надання інформації, а також можливість зміни програми в польоті.

Процес побудови програми польоту містить у собі два етапи: збір навігаційної інформації й її перекодування (приведення до вигляду, в якому здійснюється програмування польоту в програмному пристрої ПНК).

При зборі навігаційної інформації в спеціальні таблиці записуються такі дані:

- координати точок змін напрямку маршруту (ВПМ, ППМ, КПМ та ін.);
- координати наземних радіонавігаційних станцій, а також їх позивні, частоти, номери каналів;
- данні для використання інших навігаційних систем;

– координати візуальних орієнтирів (ВО) і радіолокаційних орієнтирів (РО).

Данні заносяться в таблицю в тій системі вимірювання, в якій вони були отримані, тобто, як правило, у десятковій системі числення. Крім того, при побудові таблиці-програми точки злomu маршруту, орієнтири корекції, наземні станції радіонавігаційних систем нумеруються в тій послідовності, в якій вони будуть використовуватися в польоті. Це правило справедливо також для тих випадків, коли ПНК забезпечує за бажанням екіпажу виведення ЛА в запрограмовані точки в довільному порядку. Якщо кількість етапів заданого маршруту перевищує можливості даного ПНК, то при підготовці польоту доцільно деякі точки маршруту програмувати в польоті як ОПМ.

На етапі побудови програми, який умовно можна назвати етапом перекодування, числа, що характеризують програму, переводяться в той код, що використовується в програмному пристрої даного ПНК (восьмеричний, двоїчно-восьмеричний). Для цього, як правило, застосовуються спеціальні таблиці. Особливості перекодування вихідної навігаційної інформації визначаються конструктивними особливостями програмного пристрою ПНК. Розроблена програма польоту вводиться в програмний пристрій ПНК відповідно до конструкції навігаційного комплексу й особливостей його програмної частини. Процес побудови програми польоту потребує значних витрат часу. Це визначається, головним чином, необхідністю визначення великої кількості даних за допомогою польотних карт, каталогів, переліків, що регламентують роботу радіотехнічних, астрономічних, супутникових навігаційних систем й інших джерел. Перекодування навігаційної інформації при побудові програми польоту потребує значних витрат часу. Зараз для цього використовуються різноманітні посібники та прийоми, що забезпечують значне скорочення витрат часу. З іншого боку, у принципі, всі задачі, що пов'язані з перекодуванням навігаційної інформації, можуть вирішуватися з перекодуванням у БЦОМ при відповідному обсязі машинної пам'яті. Істотне скорочення часу, витрачаного на побудову програми, може бути досягнуте шляхом автоматизації розв'язання головних задач у процесі програмування польоту.

5.4. Застосування топогеодезичного обладнання аеродрому при підготовці ПНК до польоту

Однією з головних задач, що розв'язується в процесі підготовки до польоту, є задача початкової виставки ІНС і курсових систем ЛА. До точності виставки цих систем пред'являються достатньо жорсткі вимоги. Так, для забезпечення точності визначення координат місця розташування ЛА за допомогою ІНС із похибкою не більше 1,85 км за час польоту потрібно, щоб помилка початкової виставки гіроплатформи за азимутом не перевищувала 5'.

Виставку гіроплатформи в азимуті можна робити автономно (методом одинарного або подвійного гірокомпасування) або неавтономно, за даними деяких засобів і систем. Як відомо, методи гірокомпасування не вимагають спеціального топогеодезичного забезпечення аеродромів і забезпечують задану точність виставки гіроплатформи в азимуті. Проте, ці методи потребують значного часу на їхню реалізацію, що безпосередньо позначається на термінах підготовки ЛА до вильоту. Тому поряд з автономними методами виставки гіроплатформи в азимуті використовуються неавтономні методи, які дозволяють досягти потрібних точностей при менших витратах часу. Проте, використання цих методів можливо лише при наявності достатнього топогеодезичного забезпечення.

До топогеодезичного забезпечення аеродромів відносяться:

- марковані точки на місцях підготовки ЛА до вильоту;
- марковані орієнтири, які розташовані на достатній відстані від місця виставки інерціальної системи, азимуту котрих відносно маркованих точок відомі з високою точністю;
- марковані лінії на стоянках ЛА;
- орієнтирна лінія на площадці підготовки ЛА (може доповнюватися орієнтиром-віхою, на продовженні цієї лінії).

До засобів точної виставки гіроплатформи в азимуті, що доповнюють топогеодезичне обладнання аеродромів, відносять:

- оптичний та гіроскопічний теодоліти;
- астропеленгатори;
- візирні системи ЛА;
- реперні точки на ЛА.

Перелічене топогеодезичне забезпечення призначене для визначення стояночного курсу ЛА й азимуту гіроплатформи інерці-

альної системи із заданою точністю при менших термінах підготовки ЛА до польоту.

Сутність усіх неавтономних способів визначення стояночного курсу ЛА складається з виміру за допомогою будь-якого пристрою, наприклад, за допомогою гірогеодоліта курсового кута орієнтира (ККО), за який може бути використаний опорний орієнтир, азимут якого визначений заздалегідь. Для розглянутого випадку істинний стояночний курс ψ_i ЛА, (рис.5.1) розраховується за формулою:

$$\psi_i = A - \text{ККО}$$

де A — азимут орієнтира.

Як правило, при виставці безпосередньо визначається істинний курс ЛА (рис.5.1): це потребує вимірювання істинного пеленгу (азимуту) опорного напрямку. Для одного з таких способів за опорний напрямок використовується напрямок на деякий віддалений орієнтир. Його курсовий кут вимірюється за допомогою оптичного теодоліта, встановленого на ЛА у фіксованих точках. При цьому ЛА розміщується так щоб вертикальна вісь теодоліта проходила крізь марковану точку, з якої був здійснений вимір пеленгу орієнтиру.

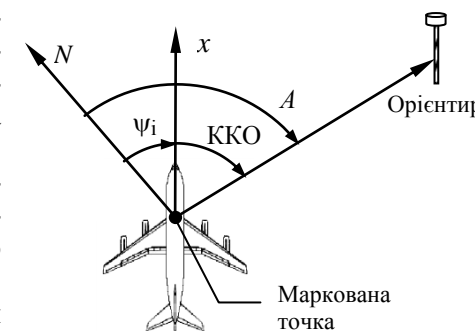


Рис. 5.1.

Цей спосіб потребує точного встановлення ЛА над маркованою точкою. Помилки в розташуванні ЛА викликають похибки вимірювання його стояночного курсу.

Величину похибки виставки можна приблизно оцінити співвідношенням:

$$\Delta\psi_i \approx \left(\frac{l}{D}\right) \sin \xi$$

де l – помилка розташування ЛА відносно маркованої точки; D – дальність від ЛА до орієнтира; ξ – кут, що характеризує положення помилки l відносно напрямку “маркована точка – орієнтир”.

Особливо небезпечні помилки розташування ЛА в напрямку перпендикуляра до лінії “маркована точка – орієнтир”. Максимальне значення помилки виставки (в кут. хв) буде таким:

$$\Delta\psi_{l_{\max}} \approx 3,4 \cdot 10^3 \left(\sqrt{l/D} \right)$$

Якщо $l = 0,3$ м, а $D = 2000$ м, то $\Delta\psi_{l_{\max}} = 0,5'$.

Цей приклад надає підстави зробити висновок, що навіть невеличка помилка розташування ЛА відносно маркованої точки може призвести до суттєвих помилок визначення стояночного курсу ЛА. Для підвищення точності виставки необхідно вибирати віддалені орієнтири, розташовані на відстані, близької до граничної дальності їхньої видимості. Цей приклад свідчить і про те, що способи визначення стояночного курсу ЛА за віддаленим орієнтиром практично не можна застосовувати при обмеженій видимості (у дощ, при наявності густої димки).

Такий спосіб визначення стояночного курсу має ще одну особливість. При жорсткому закріпленні теодоліта на гіроплатформі, якщо він не регулюється за вертикаллю, через крен ЛА можуть виникнути значні помилки визначення стояночного курсу. Помилка має місце тільки при перевищенні орієнтирів відносно теодоліта.

Наближене значення оцінки величини кренової помилки можна визначити за формулою:

$$\Delta\psi_i \approx \left(\frac{\Delta h}{D} \right) \cos q \Delta\gamma_T, \quad (5.2)$$

де Δh – перевищення орієнтира над теодолітом; q – кут між напрямком на орієнтир і віссю крену; $\Delta\gamma_T$ – кут крену теодоліта.

Результати розрахунків за формулою (5.2) допустимих значень Δh (у метрах) у випадку максимального значення помилки $\Delta\psi_i$ при $q = 0^\circ$ зведені в табл.5.1.

Таким чином, якщо при визначенні стояночного курсу ЛА можлива поява кренової помилки, то необхідно звертати увагу на перевищення орієнтира, за яким проводиться визначення курсу, відносно теодоліта. Перевищення не повинно бути більшим за значеннями, що наведені у табл.5.1

Таблиця 5.1

Кут крену $\Delta\gamma_T$, град.	1			2			3		
Потрібна точність визначення стояночного курсу $\Delta\psi_i$, кут. хв	D , дальність до орієнтира, км								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	17	34	51	8	17	25	5	11	16
2	34	68	102	17	33	50	11	22	33
3	51	102	153	25	50	75	17	33	50
4	68	136	204	33	66	100	22	45	66
5	85	170	225	41	83	125	28	55	82

Для зменшення помилки вимірювання доцільно, якщо це можливо, виконувати виміри за частиною орієнтира, яка має найменше перевищення над теодолітом. Особливу увагу цій помилки необхідно приділяти при виставці ІНС на аеродромах у гірській місцевості.

Істинний стояночний курс ЛА ψ_i , за методикою показаною на рис.5.2, можна визначити за допомогою бортових візирів. Візирні пристрої достатньо точно прив'язані до будівельних осей ЛА, а можливість обертання візира в горизонтальній площині і наявність сітки відліку в полі зору візира дозволяють визначити курсовий кут орієнтира як помилку наведення Δ поздовжньої осі ЛА на орієнтир.

Для визначення стояночного курсу ЛА встановлюють на марковану точку на смузі (стоянці), із якої визначається азимут деякого орієнтира, так, щоб у поле зору візира знаходився цей орієнтир.

За допомогою візира вимірюється величина Δ . Вимірювання виконується або за кутомірною шкалою, зображеній на екрані візира, або шляхом переміщення мітки до орієнтира, після чого значення курсового кута орієнтира знімається зі спеціального відлікового

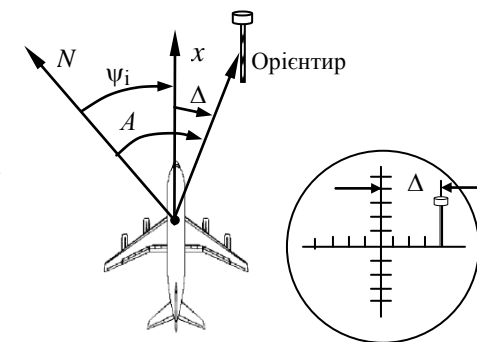


Рис.5.2.

пристрою. Курс ЛА в цьому випадку визначається як різниця азимуту орієнтира A і виміряного значення Δ :

$$\psi_i = A - \Delta$$

Цьому способу визначення стояночного курсу притаманні ті ж помилки що і попередньому. Проте за рахунок того, що ККО в цьому способі близький до нуля, кренова помилка вимірювання за рахунок наявності перевищення орієнтира над теодолітом при практично дорівнює нулю. Крім того, цей спосіб простіше, він не потребує застосування спеціального обладнання.

Один із способів визначення стояночного курсу ЛА (рис.5.3) передбачає використання висків і ліній, маркованих на стоянках, напрямки яких визначені задалегідь тим або іншим способом.

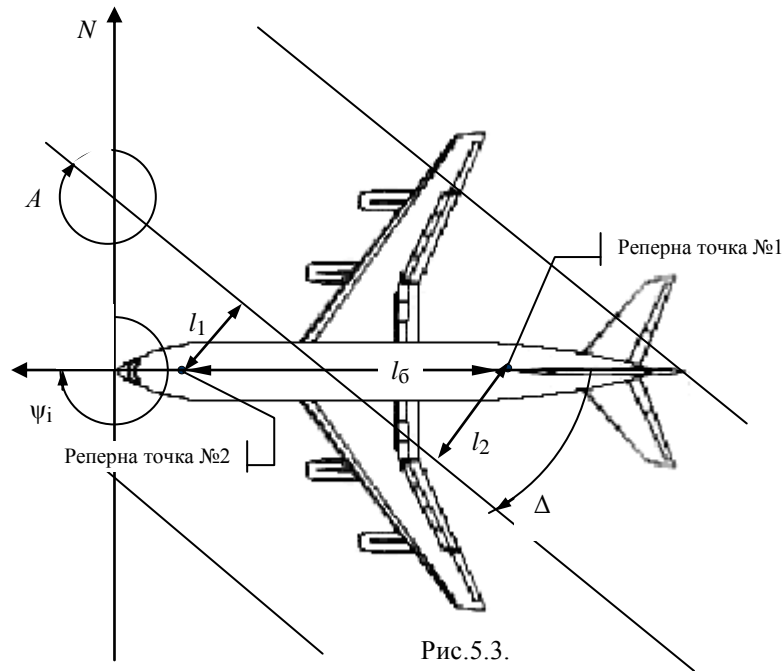


Рис.5.3.

Для вимірювання використовуються реперні точки ЛА, що показують положення його поздовжньої осі. Із реперних точок опускаються виски і вимірюють відхилення проєкцій реперних точок

l_1 і l_2 , які показують виски, до найближчої з ліній. При відомій (базовій) відстані між реперними точками l_6 азимутальний зсув ЛА Δ відносно маркованих ліній буде визначатися співвідношенням:

$$\sin \Delta = \frac{l_1 \pm l_2}{l_6}$$

а стояночний курс ЛА розраховується за формулою

$$\psi_i = A \pm \Delta,$$

де A – азимут маркованих ліній на стоянці.

Оскільки параметр l_6 для певного типу ЛА величина постійна, при визначенні стояночного курсу можна використовувати заздалегідь отриману залежність (наприклад у табличній формі) кута Δ від значень l_1 і l_2 .

Такий спосіб достатньо простий і забезпечує високу точність визначення стояночного курсу при порівняно невеликих витратах часу. Проте для його реалізації необхідна ретельна підготовка аеродрому в геодезичному відношенні, крім того його застосування значно ускладнюється при наявності снігового покриву і при сильному вітрі.

Можливо визначення стояночного курсу ЛА шляхом вимірювання кута Δ між поздовжньою віссю ЛА, положення якої визначається шляхом візування двох реперних точок на фюзеляжі, і маркованою лінією, на площадці підготовки ЛА (орієнтирною лінією), як це зображено на рис.5.4.

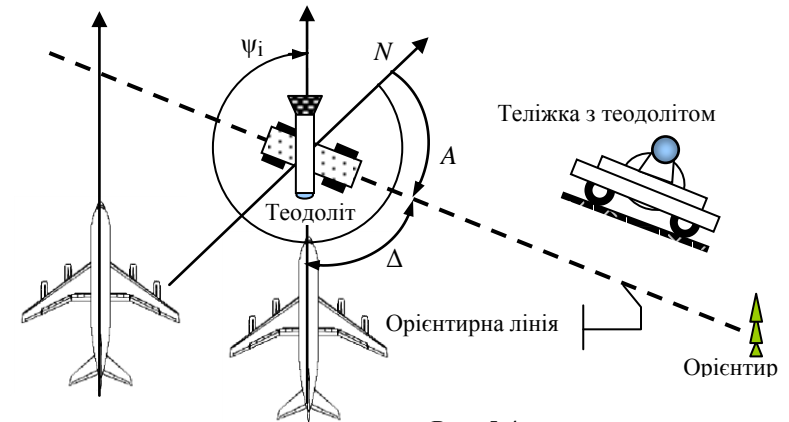


Рис. 5.4

Азимут A цієї лінії попередньо визначають геодезичними методами. Як орієнтирна лінія може використовуватися один зі швів ЗПС. Для підвищення точності вимірювання на продовженні цієї лінії на відстані 500...800 м доцільно виставити орієнтир-віху. Кут Δ вимірюється оптичним теодолітом, встановленим на спеціальному рухомому візку, що переміщується уздовж орієнтирної лінії до перехрещення з продовженням повздожньої осі ЛА. Момент перетинання визначається як сполучення вертикальної нитки сітки зорової труби теодоліта та зображень носової та хвостової реперних точок. Тоді стояночний курс ЛА можна обчислити за формулою:

$$\psi_i = A + 180^\circ + \Delta$$

де A – азимут орієнтирної лінії.

Цей спосіб також забезпечує високу точність визначення стояночного курсу ЛА при витратах часу порядку 8...10 хвилин. До переваг способу необхідно віднести те, що за його допомогою можна достатньо швидко обслужити декілька ЛА на стоянці. Для реалізації способу повинні бути виготовлені спеціальні рухомі візки із пристроєм кріплення оптичного теодоліта.

Визначення стояночного курсу ЛА можна виконати за допомогою двох теодолітів, один із яких установлюється на контрольній точці, а інший – на автомашині-топоприв'язчику типу УАЗ-452Т-II (рис.5.5).

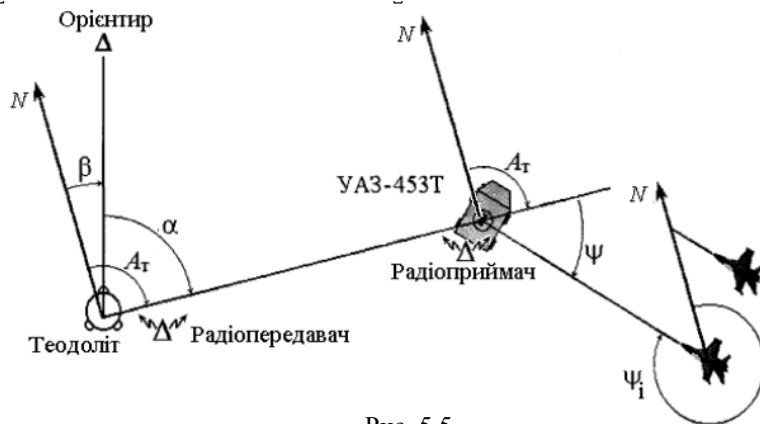
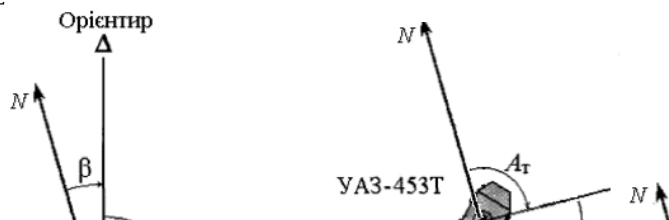


Рис. 5.5



У контрольній точці вимірюється кут α , який визначає положення повздожньої осі топоприв'язчика відносно орієнтира, а за допомогою теодоліта топоприв'язчика за реперними точками ЛА вимірюється кут ψ .

Азимут напрямку на оптичний теодоліт (візир) топоприв'язчика визначається з контрольної точки з використанням орієнтирного напрямку з відомим азимутом деякого орієнтира.

$$A_T = \alpha + \beta,$$

де β – азимут орієнтиру. Він передається на топоприв'язчик по радіолінії. У цьому випадку істинний стояночний курс ЛА обчислюється за формулами:

$$\psi_i = A_T + \psi; \quad \psi_i = A_T + \psi \pm 180^\circ.$$

Перша формула застосовується при візуванні з боку хвостової частини ЛА, а друга – з носової.

Цей спосіб дозволяє порівняно швидко обслужити декілька ЛА, розташованих у різних місцях аеродрому (на ЗПС, рульовій доріжці, на стоянках, у зоні заправки), але потребує підготовки спеціальної техніки та персоналу.

Розроблено спосіб визначення стояночного курсу ЛА шляхом пеленгації трьох орієнтирів, розташованих на одній лінії так, що відстані між першим і другим, другим і третім орієнтирами рівні (рис.5.6).

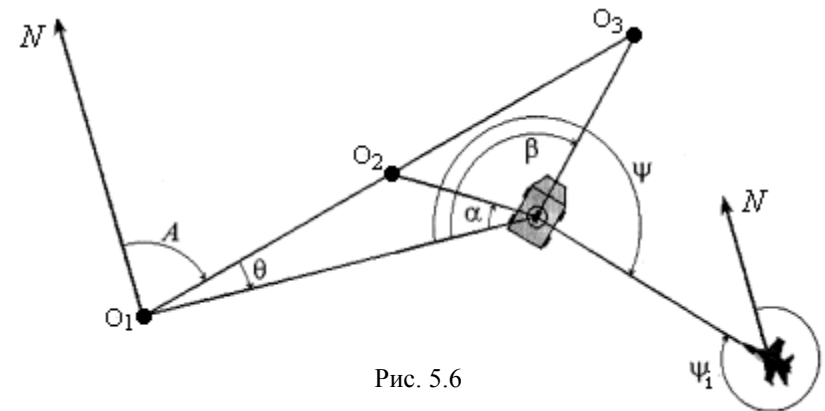


Рис. 5.6

Для цього вимірюється азимут лінії, на якій розташовуються орієнтири, а потім за допомогою оптичного теодоліта на машині (або рухливому візку) при перебуванні її в створі з подовжньою віссю ЛА вимірюються кути α , β та ψ .

Стояночний курс розраховується за формулами

$$\text{ctg}\theta = \text{ctg}\alpha - 2\text{ctg}\beta$$

$$\psi_i = A + \theta + \psi$$

де A – азимут лінії, на якій розташовуються орієнтири O_1, O_2, O_3 .

Якщо на ЛА встановлюється оптичний теодоліт (виставочний блок), то стояночний курс можна визначити шляхом вимірювання кутів α, β та ψ безпосередньо з ЛА.

Обчислення стояночного курсу може бути виконане за допомогою малогабаритної ЦОМ. У цьому випадку стояночний курс визначається достатньо швидко та точно. Даний спосіб забезпечує визначення курсу літаків, розташованих у різних місцях аеродрому. Спосіб також не потребує маркування стоянок, розташування ЛА над маркованими точками, а геодезичні підготовчі роботи обмежуються тільки визначенням азимута орієнтирної лінії, яка створюється трьома штучними орієнтирами (віхами). Однак застосування способу ускладнюється при видимості менше 1,5 км.

Визначення стояночного курсу ЛА можливо за допомогою гіроскопічних приладів, які використовуються як зберігачі заданих напрямків, відносно яких визначається курс ЛА або азимут гіроплатформи ІНС. Таким зберігачем напрямку істинного меридіана може бути, наприклад, літакова ІНС, яка монтується разом із оптичним теодолітом на автомашині (рис.5.8). Після виставки ІНС курсовий гіроскоп зберігає напрямку істинного меридіана при пересуванні машини по аеродрому. При влученні

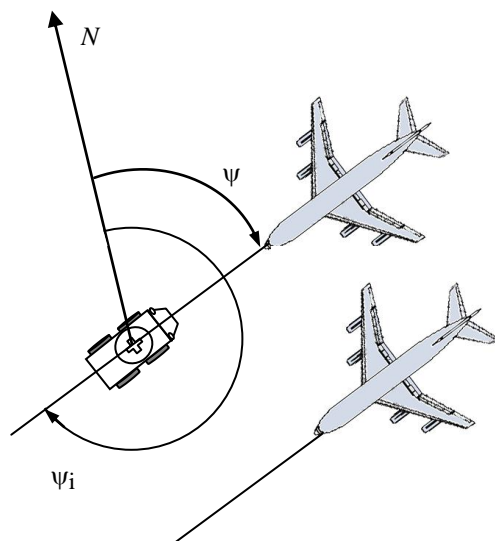


Рис 5.8

оптичного теодоліта в створ із подовжньою віссю ЛА вимірюється кут ψ , який визначає її орієнтацію відносно подовжньої осі ЛА.

Істинний стояночний курс ЛА, у цьому випадку, розраховується за формулами:

$$\psi_i = \psi;$$

$$\psi_i = \psi \pm 180^\circ.$$

Перша формула застосовується при візуванні з боку хвостової частини ЛА, а друга – з носової.

В усіх розглянутих способах найбільш просто розв'язується задача визначення стояночного курсу ЛА відносно істинного меридіана (істинного курсу). При необхідності визначений істинний курс може бути переведений в курс, що відповідає іншій системі відліку. Для цього необхідно врахувати відповідні кутові поправки.

Вибір способу визначення стояночного курсу ЛА залежить від типу ЛА, покриття та стану аеродрому, часу доби та метеорологічних умов, наявності обладнання, необхідного для виставки, рівня підготовки фахівців здійснюючих виставку.

При відсутності ІНС у складі ПНК і обмеженому часу на підготовку до польоту початкова виставка курсових систем може бути виконана з використанням магнітного датчика. Однак потрібно враховувати, що точність виставки цим способом дуже низка, вона характеризується величиною середньої квадратичної похибки від $15'$ (при ретельному врахуванні магнітного схилення та девіації магнітного датчика) до $1,5^\circ$.

Крім розглянутих можливі й інші способи виставки ІНС в азимуті. Так, наприклад, аналітичне гірокомпасування дозволяє визначити (розрахувати) положення гіроплатформи в азимуті за сигналами на виході перших інтеграторів. Для одержання достатньої точності виставки цим способом необхідна компенсація власного ухилу (дрейфу) гіроскопів горизонтування.

Можлива також азимутальна виставка ІНС астрономічним способом – шляхом пеленгації небесних світил. Цей спосіб може забезпечити дуже високу точність виставки. Для виставки ІНС таким способом із високою точністю необхідно знати точні координати місця розташування ЛА. Якщо необхідна точність виставки характеризується середньоквадратичною помилкою $1'$, то положення ЛА на поверхні Землі (його координати) повинні бути відомі зі

середньоквадратичною радіальною помилкою не більш $30''$. Астрономічний спосіб виставки має ще один недолік – його неможливо застосовувати при значній хмарності.

Для виставки інерціальних і курсових систем можна застосувати бортовий гірокомпас, інші автономні та неавтономні пристрої, а також використовувати алгоритм оптимального оцінювання положення гіроплатформи.

5.5. Штурманська підготовка до польоту

Штурманський план польоту визначає порядок, послідовність і особливості застосування ПНК й окремих датчиків навігаційної інформації в конкретному польоті в інтересах ефективного виконання польотного завдання. У штурманському плані польоту відображаються такі головні положення:

- порядок керування роботою ПНК екіпажем ЛА на кожному навігаційному етапі;
- засоби, способи й особливості корекції обчислених координат на кожному етапі польоту;
- способи контролю правильності роботи ПНК на кожному навігаційному етапі;
- дії екіпажа при можливих змінах програми польоту;
- прийоми та способи використання окремих датчиків навігаційної інформації при частковій або повній відмові ПНК;
- дії екіпажа в особливих випадках і при різкій зміні обстановки (втрата орієнтування, влучення в метеорологічні умови, що не відповідають рівню підготовки екіпажу ЛА та інше);
- заходи щодо забезпечення безпеки польоту.

Штурманський план оформляється текстуально або у вигляді схеми маршруту польоту, на якій наносяться умовними знаками елементи плану.

Найбільш часто на практиці застосовують графічний спосіб оформлення штурманського плану польоту, порядок оформлення якого визначається керівними документами (інструкціями екіпажу ЛА, вказівками та ін.). Головні елементи штурманського плану польоту повинні бути нанесені на польотну карту. У деяких випадках штурманський план польоту запам'ятовується пілотами.

Ретельна розробка штурманського плану польоту в значній мірі визначає якість розв'язання навігаційних задач у польоті, точність виконання заданої просторово-часової програми польоту, ефективність виконання польотного завдання.

5.6. Авіаційні карти

Протягом всієї історії розвитку авіації для задоволення все зростаючих вимог до точності літаководіння розробляють і видають усе більш досконалі авіаційні карти.

Збільшення висоти, швидкості та дальності польоту, а також оснащення ЛА новими засобами літаководіння вимагали поліпшення існуючих і створення нових авіаційних карт, полегшуючих їх використання при веденні візуального та радіолокаційного орієнтування.

У літаководінні карти необхідні при підготовці та виконанні польоту для:

- прокладки та вивчення маршруту польоту;
- інженерно-штурманського розрахунку польоту;
- ведення візуального радіолокаційного орієнтування;
- прокладки ліній положення ЛА;
- визначення навігаційних елементів польоту;
- різноманітних вимірів.

Крім того, карти потрібні службі повітряного руху (СПР) для керівництва польотами та контролю за правильністю їх виконання. Отже, карта – один із головних засобів літаководіння. Без неї не може виконуватися не один політ.

Авіаційні карти підрозділяються на польотні, бортові, спеціальні.

Польотні карти застосовують для вивчення маршруту польоту, його розрахунку, ведення візуального та радіолокаційного орієнтування, вимірювання та визначення навігаційних елементів у польоті. Вони використовуються для літаководіння за повітряними трасами (маршрутами) і районами польотів.

Бортові карти необхідні для прокладки ліній положення при використанні радіотехнічних і астрономічних засобів визначення місцезнаходження ЛА, відновлення орієнтування у випадку його

втрата, обходу небезпечних метеорологічних зон і польоту на запасний аеродром, не передбачений при ухваленні рішення на виліт.

Спеціальні карти, крім загальної географічної основи, містять певні відомості, необхідні при підготовці до польоту. Іноді їх видають для застосування певних радіотехнічних засобів літаководіння. До спеціальних карт відносять карти магнітних схилень, часових поясів, метеорологічні карти, карти для визначення місцезнаходження ЛА за допомогою гіперболічних систем й інших радіотехнічних засобів.

Масштаби польотних і бортових карт вибирають залежно від класу ЛА, а також від характеру виконуваного завдання. Як польотні карти переважно використовують карти масштабів 1 : 1000000 та 1 : 2000000, а як бортові – карти масштабів 1 : 2000000 та 1 : 4000000. Спеціальні карти видаються в дрібному масштабі і зображують великі ділянки землі (навіть усю земну поверхню).

Залежно від масштабу карти мають різний ступінь деталізації зображення місцевості.

Карта масштабу 1 : 200000 застосовується як польотна карта при виконанні спеціальних польотів, а також для докладного вивчення місцевості при розробці схем заходження на посадку. На неї нанесені всі присутні на місцевості населені пункти, залізні, шосейні та головні ґрунтові дороги, рельєф й інші важливі елементи земної поверхні. Замість сітки меридіанів і паралелей нанесена сітка прямокутних координат.

Карта масштабу 1 : 500000 використовується як польотна карта при виконанні спеціальних польотів. Зображення місцевості дано з деяким спрощеннями. На карту нанесене 30% або 68% орієнтирів від загальної їхньої кількості, меридіани та паралелі проведені через 30'.

Карта масштабу 1 : 1000000 – головна польотна карта для вертольотів усіх класів. На карту нанесені важливі населені пункти, головні дороги та ріки. Число нанесених орієнтирів складає приблизно 8...15% від загальної їхньої кількості. Меридіани та паралелі на карті проведені через 1° довготи та широти.

Полімаршрутна польотна карта масштабу 1 : 1000000 – головна польотна та бортова карта для літаків усіх класів. Орієнтири на карту нанесені зі значним відбором. Населені пункти, що є радіоло-

каційними орієнтирами, виділені на карті оранжевим кольором. Частину полімаршрутних карт видають із нанесеними повітряними трасами з відображенням їхньої навігаційної розмітки. Картографічна сітка зображена з частотою 1°.

Аеронавігаційна карта масштабу 1 : 2000000 застосовується як головна бортова карта для вертольотів. На карту наносять тільки головні орієнтири в кількості 1...4% від загального їх числа на місцевості. Сітку меридіанів та паралелей дають через 2°.

Аеронавігаційна карта масштабу 1 : 4000000 при необхідності використовується як бортова карта для літаків. На карту нанесені тільки найбільш крупні населені пункти, ріки, озера та головні транспортні мережі. Ці орієнтири складають 0,2...0,6% від загальної їхньої кількості.

Існують також аеронавігаційні карти Арктики та Антарктики (для польотів у полярних районах), а також спеціальні карти масштабу 1 : 4000000 (для польотів у районах морів північного та східного басейнів).

Контрольні питання

1. Розповісти про цілі та зміст навігаційної підготовки НК до польоту.
2. Викласти зміст навігаційної програми польоту.
3. Як використовується початкова навігаційна інформація при підготовці НК до польоту?
4. Розповісти про використання топогеодезичного обладнання аеродрому при підготовці ПНК до польоту.
5. Який зміст штурманської підготовки до польоту?
6. Яка картографічна інформація використовується до підготовки ПНК до польоту?
7. Які типи авіаційних карт Ви знаєте та яке їх призначення.
8. Що включає до себе маршрут польоту?
9. В якому випадку при підготовці до польоту допускається використання ортодромічної системи координат?
10. В яких випадках та з якою ціллю визначається стояночний курс літака?